



**MAQUETA - SIMULADOR PARA AJUSTE, REGLAJE DE CABLES DE CONTROL
Y FRENADO DE SEGURIDAD**



ANDRES OSPINA RAMIREZ
MARLON AFRICANO FERRER

SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE SENA
CENTRO INDUSTRIAL Y DE AVIACIÓN
REGIONAL ATLÁNTICO
PROGRAMA DE AVIACIÓN
BARRANQUILLA – COLOMBIA 2026



RESUMEN

Este proyecto presenta el diseño, construcción e implementación de una maqueta-simulador. Este proyecto presenta la creación de una maqueta-simulador diseñado para que los aprendices del programa de aviación practiquen, de manera segura y accesible, los procedimientos de ajuste, reglaje y frenado de seguridad en sistemas de cables de control aeronáuticos. Surge como respuesta a la necesidad de contar con un recurso didáctico que permita repetir estas actividades sin depender de aeronaves reales, reduciendo riesgos y costos asociados al entrenamiento tradicional.

La maqueta fue construida siguiendo los lineamientos técnicos establecidos por el RAC 65, RAC 147, AC43.13-1B y los manuales FAA H-8083, lo que garantiza que su funcionamiento y uso estén alineados con los estándares del sector aeronáutico. A través de este prototipo, los aprendices pueden comprender mejor la mecánica del sistema, fortalecer habilidades prácticas y corregir errores en un entorno controlado que favorece el aprendizaje progresivo.

El proyecto incluye una guía didáctica, un manual de usuario y el esquema de montaje, herramientas que facilitan la apropiación del conocimiento y el uso autónomo del simulador.

En conjunto, este recurso facilita un aprendizaje más cercano, práctico y significativo, aportando a la formación de técnicos aeronáuticos competentes y mejor preparados.

Palabras clave: Maqueta-simulador, Cables de control aeronáutico, Ajuste y reglaje, Frenado de seguridad. Formación aeronáutica



ABSTRACT

This project introduces the design and implementation of a functional training simulator that allows aviation apprentices to safely and easily practice adjustment, rigging, and safety-wire procedures on aircraft control cable systems. The simulator was created to address the need for a hand-on learning tool that does not rely on real aircraft, reducing the risks, costs, and operational limitations commonly associated with traditional training environments.

The prototype was built following key aeronautical standards, including RAC 65, RAC 147, AC43.13-1B, and FAA H-8083 manuals. Its design replicates the essential components and mechanical behavior of real control cable systems, helping learners better understand how the system works while strengthening their practical skills in a controlled and repeatable environment.

The project also includes a didactic guide, a user manual, and an assembly diagram, ensuring that learners and instructors can use the simulator effectively. Altogether, this resource supports a more engaging, practical, and meaningful learning experience, contributing to the development of well-prepared and competent aircraft maintenance technicians.

Keywords: Training mock-up simulator, Aircraft control cables, Adjustment and rigging, Safety-wire locking, Aeronautical training.



CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	5
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	6
JUSTIFICACIÓN	7
MARCO REFERENCIAL.....	8
ALCANCE.....	10
OBJETIVO GENERAL.....	11
OBJETIVO ESPECIFICOS.....	11
CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO.....	12
PÚBLICO OBJETIVO	17
TEMAS, COMPETENCIAS Y RESULTADOS DE APRENDIZAJE	18
MATERIALES Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	19
DISEÑO METODOLOGICO.....	19
GUÍA DIDÁCTICA.....	20
CRONOGRAMA.....	20
RESULTADOS OBTENIDOS	21
CONCLUSIONES	21
RECOMENDACIONES.....	21
AUTORES	22
BIBLIOGRAFIA	23
ANEXOS	24
A. ANEXO: Instructivo para maqueta-simulador para ajuste y reglaje de cables de control y frenado de seguridad.....	24
B. ANEXO: Enlace del Video de Instructivo para maqueta-simulador para ajuste y reglaje de cables de control y frenado de seguridad	24

TABLA DE ILUSTRACIÓN

Ilustración 1 Bosquejo de la Maqueta.....	12
Ilustración 2 Maqueta Principal	13
Ilustración 3 Banco de Frenado	13
Ilustración 4 Soporte Accesorios	14
Ilustración 5 Soporte Guaya de tensión	14
Ilustración 6 Avance de la Maqueta.....	15
Ilustración 7 Preparación Filtro de Aceite	15
Ilustración 8 Instalación de Filtro en la Maqueta.....	16
Ilustración 9 Finalización Maqueta - Simulador Para Ajuste, Reglaje De Cables De Control Y Frenado De Seguridad.....	16
Ilustración 10 Finalización Maqueta - Simulador Para Ajuste, Reglaje De Cables De Control Y Frenado De Seguridad.....	17



INTRODUCCIÓN

La operación segura de una aeronave depende en gran medida del correcto funcionamiento de sus sistemas de control. En aeronaves con mando por cables, su ajuste, tensado, lubricación y frenado de seguridad constituyen procedimientos de mantenimiento fundamentales. Este proyecto materializa un recurso didáctico que permite simular dichas prácticas con precisión, seguridad y bajo costo, dentro de un ambiente formativo controlado.



FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo garantizar la práctica segura, estandarizada y suficiente en ajuste, reglaje y frenado de cables de control sin depender de aeronaves reales y cumpliendo las exigencias técnicas y pedagógicas del sector aeronáutico?

La formación aeronáutica requiere el desarrollo de competencias específicas relacionadas con el ajuste, reglaje y frenado de seguridad de los cables de control, procedimientos críticos para la operación segura de aeronaves. En la actualidad, estos procesos se enseñan mayormente en aeronaves reales, lo que genera limitaciones significativas:

- Costos operativos elevados
- Riesgo de daño a componentes
- Restricción de acceso a áreas específicas
- Baja disponibilidad de aeronaves equipadas con sistemas funcionales.

Lo anterior impide que los aprendices realicen prácticas repetidas, seguras y suficientes para el dominio técnico requerido. El SENA-CIYA necesita una herramienta que permita la simulación realista de estos procedimientos sin depender de aeronaves reales. La ausencia de un dispositivo didáctico especializado afecta la apropiación de las competencias, la calidad del proceso evaluativo y el cumplimiento de los requisitos del RAC 147.



JUSTIFICACIÓN

El prototipo cumple funciones esenciales dentro del proceso educativo aeronáutico: permite la apropiación del conocimiento, la repetición segura de los procedimientos, la validación de competencias y la alineación con estándares regulatorios. Además:

- Reduce la dependencia de aeronaves reales.
- Minimiza riesgos operacionales.
- Brinda escenarios de práctica ilimitada.
- Optimiza recursos institucionales existentes en el CIYA.
- Responde directamente a los requerimientos del RAC 147 frente a instalaciones, equipos y herramientas didácticas obligatorias.
- Permite prácticas evaluativas estandarizadas y reproducibles, mejorando objetividad y calidad en la certificación.



MARCO REFERENCIAL

En la formación técnica aeronáutica, el uso de simuladores, maquetas y entrenadores no es solo una herramienta pedagógica complementaria, sino una exigencia normativa que garantiza la calidad del proceso formativo. Estos dispositivos permiten a los aprendices adquirir habilidades prácticas en un entorno seguro, controlado y repetible, lo cual es esencial para su preparación profesional.

En Colombia, la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil (Aerocivil) establece, a través del Reglamento Aeronáutico Colombiano RAC 147, que los centros de instrucción deben contar con los recursos necesarios para asegurar el desarrollo de las competencias requeridas en los programas de formación técnica en mantenimiento de aeronaves. Esto incluye la disponibilidad de simuladores y maquetas pertinentes, suficientes y funcionales, que permitan replicar condiciones reales de operación (Aerocivil, 2022).

La maqueta-simulador propuesta en este proyecto se diseñará conforme a estas disposiciones, utilizando materiales y componentes aeronáuticos reales, como cables de acero, terminales, tensores y sistemas de frenado tipo “safety wire”. Esto permitirá a los aprendices familiarizarse con los elementos propios de la aviación, fortaleciendo su formación técnica y su capacidad de respuesta ante situaciones reales.

El diseño del simulador se basará en estándares internacionales, incluyendo los manuales técnicos de la Federal Aviation Administration (FAA), como el Aviation Maintenance Technician Handbook – General (FAA-H-8083-30A) y las Advisory Circulars AC43.13-1B, que establecen procedimientos detallados para el ajuste y reglaje de cables de control y técnicas de frenado de seguridad (FAA, 2018).

Además, se elaborará una guía de uso bilingüe (español-inglés) con ejercicios prácticos



paso a paso, que permitirá a los aprendices practicar de forma autónoma o guiada. Esta guía incluirá variaciones en la configuración del simulador, tipos de cables y condiciones de frenado, promoviendo un aprendizaje activo y contextualizado.

La construcción de la maqueta será realizada con el apoyo de los propios aprendices del programa de aviación del SENA CIYA, utilizando materiales disponibles en el centro. Esta estrategia no solo garantiza la viabilidad económica del proyecto, sino que también fortalece el aprendizaje colaborativo y el sentido de apropiación del conocimiento.



ALCANCE

El prototipo permitirá:

- Ejecutar procedimientos completos de ajuste, reglaje y frenado de cables.
- Simular fallas, tensiones incorrectas y situaciones reales del entorno aeronáutico.
- Servir como instrumento de entrenamiento, evaluación y certificación.
- Integrarse a módulos de mantenimiento preventivo y correctivo.
- Fortalecer la formación desde niveles básicos hasta avanzados.

El alcance se extiende a nivel académico, técnico y operativo, como soporte permanente para programas aeronáuticos del SENA



OBJETIVO GENERAL

Implementar la maqueta-simulador de cables de control aeronáutico que facilite el entrenamiento seguro, eficiente y estandarizado de los procedimientos de ajuste, reglaje y frenado de seguridad aplicados en aeronaves.

OBJETIVO ESPECIFICOS

- Diseñar la maqueta-simulador que reproduce fielmente los sistemas de cables de control y frenado de seguridad utilizados en aeronaves, basada en normativas técnicas y pedagógicas vigentes.
- Elaborar el Instructivo para maqueta-simulador para ajuste y reglaje de cables de control y frenado de seguridad de uso didáctica que permiten el aprendizaje autónomo y guiado de los aprendices.
- Construir la maqueta-simulador utilizando materiales aeronáuticos disponibles en el centro de formación, garantizando su funcionalidad, durabilidad y pertinencia pedagógica para diferentes escenarios de entrenamiento.



CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO

- Ensamblaje estructural
- Instalación de soportes
- Tendido de cables
- Ajuste y tensado
- Aplicación de frenado de seguridad
- Señalización e identificación de componentes

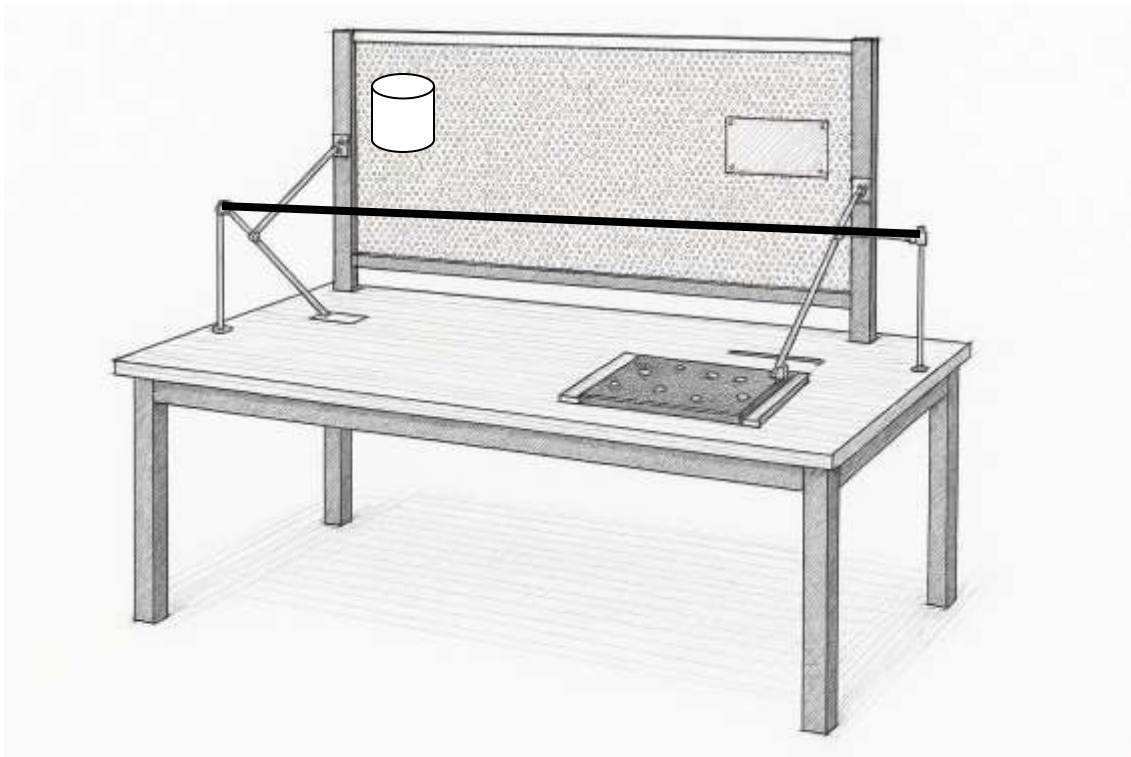


Ilustración 1 Bosquejo de la Maqueta



Ilustración 2 Maqueta Principal



Ilustración 3 Banco de Frenado



Ilustración 4 Soporte Accesorios



Ilustración 5 Soporte Guaya de tensión



Ilustración 6 Avance de la Maqueta



Ilustración 7 Preparación Filtro de Aceite



Ilustración 8 Instalación de Filtro en la Maqueta



Ilustración 9 Finalización Maqueta - Simulador Para Ajuste, Reglaje De Cables De Control Y Frenado De Seguridad



Ilustración 10 Finalización Maqueta - Simulador Para Ajuste, Reglaje De Cables De Control Y Frenado De Seguridad

PÚBLICO OBJETIVO

El prototipo está dirigido a:

Aprendices de los programas:

- Tecnólogo en Línea de Aviones (TLA)
- Tecnólogo en Línea de Helicópteros (TLH)
- Técnico en Mantenimiento de Aeronaves
- Cursos recurrentes del Programa de Aviación del CIYA
- Aspirantes a licencia TMA bajo RAC 65
- Estudiantes en procesos de certificación y recertificación técnica
- Instructores de mantenimiento aeronáutico



TEMAS, COMPETENCIAS Y RESULTADOS DE APRENDIZAJE

Temas técnicos

- Sistemas de control por cables
- Tensado, reglaje y compensación
- Frenado de seguridad (Safety Wire)
- Inspección visual y funcional
- Identificación de componentes aeronáuticos

Competencias

- Ajustar sistemas de cables de control conforme a especificaciones técnicas.
- Aplicar técnicas de frenado de seguridad según AC43.13-1B.
- Realizar inspecciones siguiendo criterios FAA y RAC 147.
- Interpretar manuales técnicos aeronáuticos.
- Utilizar herramientas aeronáuticas con precisión y seguridad.

Resultados de aprendizaje

- Realiza el procedimiento de tensado y reglaje de cables de control según requisitos técnicos.
- Ejecuta frenado de seguridad adecuado para evitar desenroscado y vibración.
- Reconoce y selecciona componentes aeronáuticos aplicados al sistema.
- Desarrolla prácticas estandarizadas en ambientes simulados.



MATERIALES Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

item	Nombre	cantidad	valor
1	MESA DE MONTAJE	1	\$500000
2	ALAMBRE PARA FRENAR 0.032"	1	\$260000
3	CONJUNTO TENSOR	1	\$241000
4	SOPORTES CABLE	2	\$111000
5	CABLE DE ACERO	1	\$116000
6	LAMINA 2024T3	1	\$400000
7	PERNOS-TUERCAS	10	\$150000
8	PINTURA	1/2	\$130000
9	CONJUNTO FILTRO ACEITE DE MOTOR	1	\$350000

DISEÑO METODOLOGICO

ESQUEMA DE MONTAJE

El desarrollo del proyecto se organizó en las siguientes fases:

A. Actividades de diseño

- Elaboración de planos y dibujos pictóricos.
- Selección de materiales aeronáuticos.
- Definición de componentes estructurales y mecánicos.

B. Fundamentación técnica

- Creación de manuales de uso y guías prácticas.
- Diseño de listas de chequeo y rotulado de seguridad.

Nota. - Remítase al A. Anexo: Instructivo para maqueta-simulador para ajuste y reglaje de cables de control y frenado de seguridad

C. Clasificación y adquisición de recursos

- Revisión de inventario del CIYA.
- Selección de componentes aeronáuticos reutilizables y nuevos.



D. Ejecución

- Ensamblaje estructural de la maqueta.
- Instalación de cables, tensores y hardware aeronáutico.
- Aplicación de acabados y pintura técnica.
- Pruebas de funcionalidad.

E. Evaluación

- Verificación del cumplimiento técnico.
- Validación pedagógica mediante pruebas con aprendices.

GUÍA DIDÁCTICA

Incluye:

- Actividades prácticas guiadas
- Actividades autónomas
- Evidencias para evaluar
- Estándares de logro

Nota. - Remítase al A. Anexo: Instructivo para maqueta-simulador para ajuste y reglaje de cables de control y frenado de seguridad

CRONOGRAMA

CRONOGRAMA – DIAGRAMA DE GANTT 2025

DETALLES	DURACION SEMANAS											
	JUL	JUL	AGO	AGO	SEP	SEP	OCT	OCT	NOV	NOV	NOV	DIC
Investigación	■	■										
Diseño			■	■								
Consecución de Materiales					■	■						
Adecuación de materiales							■	■				
Elaboración									■	■	■	■



- Julio (Semana 1–2): Investigación inicial del proyecto.
- Agosto (Semana 3–4): Diseño técnico, dibujos, planos y estructura conceptual del prototipo.
- Septiembre (Semana 5–6): Compra, selección y clasificación de materiales aeronáuticos.
- Octubre (Semana 7–8): Adecuación y preparación de materiales, fabricación de soportes.
- Noviembre (Semana 9–10): Construcción inicial de la maqueta-simulador.
- Diciembre (Semana 11–12): Finalización del prototipo, pruebas de funcionalidad y ajustes finales.

RESULTADOS OBTENIDOS

- Prototipo funcional totalmente construido.
- Validación técnica con instructores del CIYA.
- Evidencias en práctica con aprendices.
- Reducción de riesgos y costos frente al uso de aeronaves reales.
- Recurso pedagógico incorporado a los ambientes de formación.

CONCLUSIONES

- El prototipo cumple los requerimientos del RAC 147.
- Mejora significativamente la apropiación del conocimiento técnico.
- Proporciona un entorno seguro para la práctica continua.
- Favorece la evaluación objetiva y estandarizada.

RECOMENDACIONES

- Actualizar el prototipo una vez al año.



- Integrar sensores de tensión en futuras versiones.
- Incorporar un módulo digital de seguimiento al aprendiz.
- Extender el modelo a otras áreas (frenos, tren de aterrizaje, etc.)

AUTORES

item	Nombre	Apellidos	Cargo
1	MARLON	AFRICANO FERRER	Instructor programa de aviación
2	ANDRES	OSPINA RAMIREZ	Instructor programa de aviación



BIBLIOGRAFIA

- Aeronáutica Civil de Colombia. (2022). Reglamento Aeronáutico Colombiano - RAC 147: Centros de instrucción de aeronáutica civil para formación de técnicos en mantenimiento de aeronaves. Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil. Recuperado de <https://www.aerocivil.gov.co>
- Centro de Estudios Aeronáuticos (CEA). (2025). Modelo educativo y uso de simuladores en la formación aeronáutica. Bogotá: Aeronáutica Civil de Colombia.
- Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez” (EMAVI). (2020). Informe de gestión académica y operativa 2020. Santiago de Cali: Fuerza Aérea Colombiana.
- Federal Aviation Administration (FAA). (2018). Advisory Circular AC 43.13-1B – Acceptable Methods, Techniques, and Practices: Aircraft Inspection and Repair. U.S. Department of Transportation. Recuperado de <https://www.faa.gov>
- Federal Aviation Administration (FAA). (2018). Aviation Maintenance Technician Handbook – General (FAA-H-8083-30A). U.S. Department of Transportation. Recuperado de <https://www.faa.gov>
- Federal Aviation Administration (FAA). (2018). Aviation Maintenance Technician Handbook – Airframe (FAA-H-8083-31A). U.S. Department of Transportation. Recuperado de <https://www.faa.gov>
- Microsoft Copilot. (2026). *Asistencia automatizada para la estructuración de proyectos tecno-pedagógicos*. Microsoft Corporation.
- Ministerio de Educación Nacional. (2000). Guía SSEMI 2000: Productos Tecno Pedagógicos. Santafé de Bogotá D.C.
- Servicio Nacional de Aprendizaje – SENA. (s.f.). *Biblioteca SENA*. Recuperado de <https://biblioteca.sena.edu.co/>



ANEXOS

A. ANEXO: Instructivo para maqueta-simulador para ajuste y reglaje de cables de control y frenado de seguridad

B. ANEXO: Enlace del Video de Instructivo para maqueta-simulador para ajuste y reglaje de cables de control y frenado de seguridad
<https://youtu.be/2TN7qQ1-99o>